

ANALISIS PERBAIKAN KUALITAS GENTENG BETON DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

(Control Of Process and Product Quality Used Taguchi Method)

LINANDA KAILEY¹, HENRY J WATTIMANELA²

¹ Alumni Jurusan Matematika, FMIPA, UNPATTI

² Staf Jurusan Matematika, FMIPA, UNPATTI

ABSTRACT

A concrete roof tile company wanted to improve the quality and reduce product defects or rework of products, but companies in the production of concrete roof tile products still fragile because of strong press tiles that are not in accordance with predetermined specifications.

To overcome these problems, have made a study to identify factors that influence control of a strong press and concrete roof tiles to get the best settings in producing a product that is expected to perform design of experiments using Taguchi Method to factors that can be controlled by the Cement (A), water (B), Fly Ash (C) and Dust Stone (D).

Each factor had 3 levels of treatment and based on the total number of free degrees in this experiment the orthogonal matrix $L_{27}(3^{13})$ is used. Based on the results obtained so semenyang largest contribution to the average strength of concrete roof tile press, which is 18.642% of dust and rock that is a combination of 8.167% and the right to obtain a strong tap-concrete roof tiles desired $A_3 A_3 B_1 D_2$.

Keywords: *experiment, Orthogonal matrix, Taguchi Method, Concrete Tile*

PENDAHULUAN

Industri bahan bangunan saat ini sedang mengalami persaingan yang cukup ketat, sehingga mengharuskan produsen mampu menjaga dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas suatu produk merupakan salah satu faktor utama konsumen dalam memilih dan menentukan produk yang akan digunakan.

Sebuah perusahaan genteng beton ingin meningkatkan kualitas serta mengurangi adanya cacat produk atau pengerjaan ulang dari produk yang dihasilkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu diadakan suatu penelitian untuk mengidentifikasi faktor-faktor kontrol yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton dan untuk mendapatkan setting terbaik dalam menghasilkan produk yang diharapkan yaitu dengan melakukan desain eksperimen. Desain eksperimen yang baik ialah apabila eksperimen yang dilakukan sesuai dengan masalahnya dan mempunyai efisiensi yang tinggi, yaitu apabila eksperimen dilakukan dengan menggunakan biaya, waktu dan usaha yang minimum tetapi dapat memberikan informasi yang optimum (1), hal tersebut yang menjadi salah satu keunggulan dari Metode Taguchi.

Dengan melakukan desain eksperimen Taguchi, diharapkan dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton dan menghasilkan kombinasi dan komposisi bahan baku yang tepat yang memberikan kuat tekan genteng beton yang diinginkan oleh konsumen serta memberikan peningkatan kualitas terhadap produk yang dihasilkan sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan keuntungan.

Dalam Metode Taguchi digunakan matriks yang

disebut matriks ortogonal untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin tentang semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari matriks ortogonal terletak pada pemilihan kombinasi level perlakuan (2). Matriks ortogonal diciptakan oleh Jaques Hardmand pada tahun 1897 (3).

TUJUAN

Eksperimen ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton serta menentukan kombinasi dan komposisi bahan baku genteng beton untuk menghasilkan kuat tekan genteng beton yang optimum.

BAHAN dan METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah Semen, Air, Fly Ash dan Debu Batu. Sumber data dalam penentuan level dari faktor ini didapat dari data pabrik yang merupakan hasil kombinasi dari buku panduan (Soejanto, 2009). Data hasil penetapan level ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3
A	Semen	0,6 kg	0,7 kg	0,8 kg
B	Air	0,3 lt	0,4 lt	0,5 lt
C	Fly Ash	0,2 kg	0,3 kg	0,4 kg
D	Debu Batu	2,6 kg	2,8 kg	3,0 kg

Metode

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah dengan cara menggunakan matriks ortogonal yang dipilih berdasarkan jumlah perhitungan derajat bebas kemudian melakukan percobaan sesuai dengan matriks ortogonal yang dipilih. selanjutnya menentukan grafik linier yang sesuai, berguna untuk penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks ortogonal.

Perhitungan Derajat Bebas

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

Tabel 2. Perhitungan Derajat Bebas Total

Faktor	Derajat bebas	Total
A	(3-1)	2
B	(3-1)	2
C	(3-1)	2
D	(3-1)	2
A × B	(3-1) × (3-1)	4
A × C	(3-1) × (3-1)	4
Derajat Bebas Total		16

Pemilihan Matriks Ortogonal

Dari perhitungan derajat bebas pada eksperimen ini,

diperoleh $v_f = 16$ derajat bebas, dan masing-masing faktor mempunyai 3 level. Maka matriks ortogonal yang dipilih adalah yang mempunyai jumlah derajat bebas lebih besar atau sama dengan jumlah derajat bebas total dalam eksperimen ini (16 derajat bebas). Derajat bebas untuk matriks ortogonal yang paling sesuai:

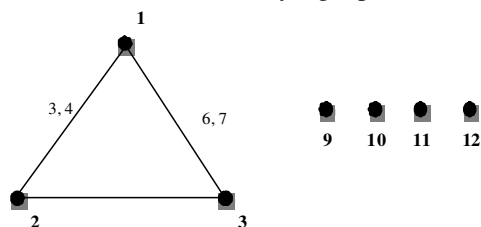
$$L_9(3^4) = 4 \times (3-1) = 8 \text{ derajat bebas.}$$

$$L_{27}(3^{13}) = 13 \times (3-1) = 26 \text{ derajat bebas.}$$

Karena derajat bebas total pada eksperimen ini adalah 16

derajat bebas, oleh karena itu matriks ortogonal $L_{27}(3^{13})$ yang mempunyai 26 derajat bebas telah mencukupi.

Sesuai matriks ortogonal $L_{27}(3^{13})$ yang dipilih maka grafik linier standart $L_{27}(3^{13})$ yang diperlukan.



Gambar 1. Grafik linier Standart $L_{27}(3^{13})$

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa faktor A ditempatkan pada kolom 1, faktor B pada kolom 2, faktor C pada kolom 5, faktor D pada kolom 9, faktor A × B kolom 3 dan 4, faktor A × C pada kolom 6 dan 7. Sedangkan untuk kolom kosong 8, 10, 11, 12, dan 13 ditulis "e" menyatakan error. Dengan menggunakan

matriks ortogonal $L_{27}(3^{13})$ diperoleh data seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Ortogonal $L_{27}(3^{13})$

Eks.	Faktor dan Interaksi											(kg/cm^2)			Jumlah	Mean		
	A	B	A × B (1)	A × B (2)	C	A × C (1)	A × C (2)	e	D	e	e	e	1	2			3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17,5	17	17	51,5	17,167	
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	19,5	19,5	19	58	19,333	
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	19	18,5	18	55,5	18,5	
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	18	18	18	54	18	
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	19	18,5	18,5	56	18,667	
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	18	18	18,5	54,5	18,167	
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	16,5	17	17	50,5	16,833	
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	20	19	19,5	39	19,5	
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	20	19,5	20	59,5	19,833	
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	23,5	23	23	69,5	23,167	
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	18	17,5	17,5	53	17,667	
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	20	21	20	61	20,333	
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	23	23,5	23	69,5	23,167	
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	20	20	19	59	19,667	
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	24	24,5	25	73,5	24,5
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	19	19	20	58	19,333
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	22	21,5	22	65,5	21,833	
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	19	18	18,5	55,5	18,5	
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	19,5	19,5	20	59	19,667	
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	25	24	25	74	24,667	
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	24	24	24,5	72,5	24,167
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	2	1	18,5	19	19	38	18,833	
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	18,5	18	18,5	55	18,333
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	17,5	18	17	52,5	17,5	
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	23,5	24	24	71,5	23,833	
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	22	21,5	22	65,5	21,833	
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	22	22,5	23	67,5	22,5	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang signifikan yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton, diperlukan analisa dan pengolahan data eksperimen dengan menggunakan perhitungan nilai mean dan ditranformasikan dalam tabel analisis variansi.

Pengaruh Level Faktor Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan Genteng Beton

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton, dilakukan pengolahan data respon (data asli) kuat tekan genteng beton yang diperoleh langsung dari pengujian kuat tekan genteng beton. Hasil perhitungan nilai rata-rata kuat tekan genteng beton melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Respon Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton dari Pengaruh Faktor

	A	B	A×B (1)	A×B (2)	C	A×C (1)	A×C (2)	D
Level 1	18,444	20,519	18,815	21,167	20,000	20,019	19,482	20,019
Level 2	20,907	19,648	20,463	20,333	20,167	20,815	20,352	21,444
Level 3	21,259	20,444	21,333	19,111	20,444	19,778	20,778	19,148
Selisih	2,815	0,871	2,518	2,056	0,444	1,037	1,296	2,296
Ranking	1	7	2	4	8	6	5	3

Dari tabel respon, kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata respon kuat tekan genteng beton dengan nilai yang paling besar dari tiap faktor, yaitu faktor A_3 , interaksi $A \times B(1)$, faktor D_2 , dan interaksi $A \times B(2)$.

Pengaruh faktor A dan B untuk 9 kombinasi faktor sebagai berikut:

Rata-rata pengaruh

$$A_1 B_1 = (17,167 + 19,333 + 18,500)/3 = 18,333$$

Rata-rata pengaruh

$$A_1 B_2 = (18,000 + 18,667 + 18,167)/3 = 18,278$$

Rata-rata pengaruh

$$A_1 B_3 = (16,833 + 19,500 + 19,833)/3 = 18,722$$

Rata-rata pengaruh

$$A_2 B_1 = (23,167 + 17,667 + 20,333)/3 = 20,389$$

Rata-rata pengaruh

$$A_2 B_2 = (23,167 + 19,667 + 24,500)/3 = 22,445$$

Rata-rata pengaruh

$$A_2 B_3 = (19,333 + 21,833 + 18,500)/3 = 19,889$$

Rata-rata pengaruh

$$A_3 B_1 = (19,667 + 24,667 + 24,167)/3 = 22,834$$

Rata-rata pengaruh

$$A_3 B_2 = (18,833 + 18,333 + 17,500)/3 = 18,222$$

Rata-rata pengaruh

$$A_3 B_3 = (23,833 + 21,833 + 22,500)/3 = 22,722$$

Untuk mencapai nilai target lebih besar, lebih baik (*larger-the-better*), maka penentuan level faktor yang optimal adalah yang mendapatkan hasil pengujian kuat tekan yang paling besar. Kombinasi level faktor optimum, adalah: $A_3 =$ Semen 0,8 kg; $D_2 =$ Debu batu 2,8 kg dan kombinasi level interaksi optimum adalah: $A_3 \times B_1 =$ Semen 0,8 kg dan air 0,3 lt.

Analisa Varians Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton

Dengan menggunakan model analisis dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F -rasio Untuk mengetahui faktor/interaksi yang signifikan terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton, maka dilakukan penggabungan (*pooling up*) beberapa faktor ke dalam *error*. Faktor-faktor yang tidak signifikan dikumpulkan sebagai *error*.

Pooling Up Faktor

Penggabungan faktor sebagai *error* dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/*Sum of Square* (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan dengan jumlah kuadrat *error*. Jumlah kuadrat terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor C, faktor B, dan interaksi faktor $A \times C(1)$. Penggabungan tersebut menyebabkan struktur tabel analisis varians berubah.

Tabel 5 merupakan tabel analisis variansi rata-rata kuat tekan genteng beton dengan *pooling* pertama, faktor C digabungkan ke dalam variansi *error*.

Tabel 5 Analisis Variansi Penggabungan I

Sumber	V	SS	MS	F_{hitung}	F_{tabel}	Kesimpulan
A	2	42,340	21,170	3,081	$F_{(0,10;2,4)} = 4,32$	H_0 diterima
B	2	4,191	2,096	1,206	$F_{(0,10;2,4)} = 4,32$	H_0 diterima
$A \times B(1)$	4	29,475	7,364	1,724	$F_{(0,10;4,4)} = 4,11$	H_0 diterima
$A \times B(2)$	4	19,244	4,811	1,473	$F_{(0,10;4,4)} = 4,11$	H_0 diterima
C	<i>Pooling</i>					
$A \times C(1)$	4	5,304	1,326	1,130	$F_{(0,10;4,4)} = 4,11$	H_0 diterima
$A \times C(2)$	4	7,857	1,964	1,193	$F_{(0,10;4,4)} = 4,11$	H_0 diterima
D	2	24,188	12,094	2,189	$F_{(0,10;2,4)} = 4,32$	H_0 diterima
Error	4	40,689	10,172	-	-	-
Total	26	173,288	-	-	-	-

Keterangan :

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor atau interaksinya terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor atau interaksinya terhadap kuat tekan genteng beton.

Tabel 6, merupakan tabel analisis variansi rata-rata kuat tekan genteng beton dengan *pooling* kedua, faktor B digabungkan ke dalam variansi *error*

Tabel 6. Analisis Varians Penggabungan II

Sumber	V	SS	MS	F_{hitung}	F_{tabel}	Kesimpulan
A	2	42,340	21,170	3,830	$F_{(0,10;2,6)} = 3,46$	H_0 diterima
B	<i>Pooling</i>					
$A \times B(1)$	4	29,475	7,364	1,984	$F_{(0,10;4,6)} = 3,18$	H_0 diterima
$A \times B(2)$	4	19,244	4,811	1,643	$F_{(0,10;4,6)} = 3,18$	H_0 diterima
$A \times C(1)$	4	5,304	1,326	1,177	$F_{(0,10;4,6)} = 3,18$	H_0 diterima
$A \times C(2)$	4	7,857	1,964	1,263	$F_{(0,10;4,6)} = 3,18$	H_0 diterima
D	2	24,188	12,094	2,617	$F_{(0,10;4,6)} = 3,18$	H_0 diterima
Error	4	40,689	10,172	-	-	-
Total	26	173,288	-	-	-	-

Tabel 7, merupakan tabel analisis varians rata-rata kuat tekan genteng beton dengan *pooling* ketiga, faktor interaksi $A \times C(1)$ digabungkan ke dalam variansi *error*.

Tabel 7. Analisis Variansi Penggabungan III

Sumber	<i>V'</i>	SS	MS	F_{hitung}	F_{tabel}	Kesimpulan
<i>A</i>	2	42,340	21,170	5,219	$F_{(0,10,2,10)} = 2,92$	H_0 ditolak
$A \times B(1)$	4	29,475	7,364	2,468	$F_{(0,10,4,10)} = 2,61$	H_0 diterima
$A \times B(2)$	4	19,244	4,811	1,959	$F_{(0,10,4,10)} = 2,61$	H_0 diterima
$A \times C(1)$	<i>Pooling</i>					
$A \times C(2)$	4	7,857	1,964	1,391	$F_{(0,10,4,10)} = 2,61$	H_0 diterima
<i>D</i>	2	24,188	12,094	3,410	$F_{(0,10,2,10)} = 2,92$	H_0 ditolak
<i>Error</i>	10	50,184	5,018	-	-	-
<i>Total</i>	26	173,288	-	-	-	-

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton adalah semen yang memberikan kontribusi sebesar 18,642% dan debu batu 8,167%.
2. Berdasarkan contoh kasus yang diambil, maka kombinasi yang tepat untuk memperoleh kuat tekan genteng beton yang diinginkan adalah $A_3 A_3 B_1 D_2$

DAFTAR PUSTAKA

- Soejanto, Irwan. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Surabaya: Graha Ilmu; 2009.
- Bagchi, Tapan P. *Taguchi Methods Explained Practical Steps to Robust Design*. Kanpur: Prentice; 1993.

Pada eksperimen ini dilakukan tiga kali *Pooling Up* Faktor. Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS' seperti di bawah ini

$$SS'_A = SS_A - MS_e(V_A) = 42,340 - 5,018(2) = 32,304$$

$$SS'_{AB(1)} = SS_{AB(1)} - MS_e(V_{AB(1)}) = 29,457 - 5,018(4) = 9,403$$

$$SS'_{AB(2)} = SS_{AB(2)} - MS_e(V_{AB(2)}) = 19,244 - 5,018(4) = -0,828$$

$$SS'_{AC(2)} = SS_{AC(2)} - MS_e(V_{AC(2)}) = 7,857 - 5,018(4) = -12,215$$

$$SS'_D = SS_D - MS_e(V_D) = 24,188 - 5,018(2) = 14,152$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing faktor dan interaksi dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{32,304}{173,288} \times 100\% = 18,642\%$$

$$\rho_{AB(1)} = \frac{9,403}{173,288} \times 100\% = 5,426\%$$

$$\rho_{AB(2)} = \frac{-0,828}{173,288} \times 100\% = -0,478\%$$

$$\rho_{AC(2)} = \frac{-12,215}{173,288} \times 100\% = -7,049\%$$

$$\rho_D = \frac{14,152}{173,288} \times 100\% = 8,167\%$$

Dari perhitungan di atas, terlihat bahwa faktor *A* (semen) yang memberikan kontribusi terbesar terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton, yaitu sebesar 18,642% kemudian faktor *D* (debu batu) yakni 8,167%.